



David Jafrancesco

L'Istituto Nazionale di Ottica: una storia quasi centenaria

The National Institute of Optics: nearly a century of history

Introduzione

Chi dal Piazzale Fermi entri nel comprensorio di Arcetri e salga verso l'Osservatorio trova alla sua destra, dopo l'ex Istituto di Fisica dell'Università di Firenze, un edificio massiccio, con antistante un piazzale adibito a parcheggio: è la sede dell'Istituto Nazionale di Ottica (INO), che attualmente fa parte del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) ma che ha alle sue spalle una lunga storia che parte dal 1918 e si è svolta per larga parte in autonomia. In questo lavoro ripercorriamo i momenti più importanti di questa storia e ne descriviamo l'attività.

Nascita

Già durante la I Guerra Mondiale, analizzando i dati dell'approvvigionamento militare di attrezzature e materiali, fu evidente la forte dipendenza dall'estero che aveva il Paese nel settore dell'ottica. Le nuove tecnologie, inoltre, richiedevano

Introduction

Ascending the hill from Piazzale Fermi towards the Astronomical Observatory in the district of Arcetri, beyond the former Physics Institute of Florence University you can see on the right a solid building with a large parking space in front of it. This is the headquarters of the National Institute of Optics, (the *Istituto Nazionale di Ottica* or INO), a research centre that is now part of the CNR (National Research Council), but that has a long history behind it, going back to 1918, that evolved in a largely independent manner for many years. This article aims to describe its past achievements and its present activity.

The birth of the INO

Even during the course of the First World War, an analysis of the data related to the military provisioning of materials and equipment clearly illustrated Italy's marked dependence on

una sempre maggiore quantità di strumenti ottici di qualità elevata: lo sviluppo dei sommergibili portava con sé la necessità di dotarli di periscopi efficienti, le artiglierie terrestri e navali richiedevano telemetri più accurati, nasceva l'aerofotogrammetria e si sviluppavano sistemi ottici di osservazione e comunicazione sul campo di battaglia. Per rispondere a questa esigenza fu pensato di creare una struttura ad hoc, e grazie all'interessamento del Consiglio Comunale fiorentino dell'epoca come sua sede fu scelta Firenze, dove già operavano le Officine Galileo. Quindi, ancora prima della fine della I Guerra Mondiale fu istituito il «Laboratorio di ottica pratica e meccanica di precisione», la cui sede coincideva con quella dell'Istituto di Fisica, in via Gino Capponi 9. L'inaugurazione avvenne il 24 Novembre 1918, ed i soci fondatori furono il Comune di Firenze, le Officine Galileo, Il Ministero delle armi e munizioni, la Provincia di Firenze, la Camera di Commercio, la Fonderia del Pignone, la «Società Toscana per imprese elettriche». La *mission* del nuovo laboratorio era quella di «eseguire ricerche originali di carattere scientifico e tecnico; elaborare metodi di misura, formulare norme di collaudo e controllo per i materiali e gli strumenti; effettuare esso stesso collaudi, controlli e saggi di materiali; studiare i problemi che eventualmente venissero proposti dagli industriali; offrire ai giovani ingegneri e laureati in scienze fisiche, matematiche la possibilità di perfezionarsi nell'ottica e nella meccanica di precisione» (Ronchi 1977). Ad un così vasto (ed in un certo modo moderno) campo di azione non corrispondevano però mezzi adeguati; la dotazione iniziale era veramente molto scarsa (in tutto 60.000 lire), ma soprattutto il personale era ridotto ai minimi termini: negli anni di massimo sviluppo (1920-1921) vi erano

foreign countries in the field of optics. Moreover, new visual technologies were demanding increasing quantities of high-quality optical instruments. The development of submarines brought with it the need to equip them with efficient periscopes, the naval and terrestrial artillery required more accurate telemeters, aerophotogrammetry was emerging and optical systems of control and communication on the battlefield were being developed. Consequently the idea of creating a special facility to cater to these needs emerged, and as a result of the interest shown by the Florence City Council at the time, it was decided to establish it in Florence where the Officine Galileo were already operating. And so, even before the end of the First World War, the Laboratory of Practical Optics and Precision Mechanics was set up in the premises of the Physics Institute in Via Gino Capponi 9. The opening ceremony took place on 24 November 1918, the Founder Members being the Florence City Council, the Officine Galileo, the Department of Weapons and Ammunition, the Chamber of Commerce, the Fonderia del Pignone and the Società toscana per le imprese elettriche. The mission of the new laboratory was to perform original scientific and technical research, to develop methods of measurement and formulate rules for testing and checking the materials and instruments; to perform these same tests and controls on the materials; to study any problems that might be proposed by the industrialists, and to offer young engineers and graduates in physics and mathematics the chance of specialising in optics and precision mechanics (Ronchi 1977). However the financial resources available (in all 60,000 Lire) were insufficient for such a broad – and to a degree modern – range

un direttore (il Prof. Raffaello Augusto Occhialini), due laureati e tre tecnici, ma dal 1922 al 1927 l'organico si ridusse di fatto ad una sola persona, il fisico Vasco Ronchi, laureato alla Scuola Normale Superiore di Pisa e assunto nel Laboratorio all'inizio del 1920. È opportuno sottolineare il fatto che nessuno dei membri del Laboratorio, direttore compreso, aveva una minima preparazione di ottica; Ronchi infatti ricorda che le sue nozioni sull'argomento, quando entrò a lavorare nell'Istituto, erano solo quelle apprese al liceo classico! (Ronchi 1977).

Poco dopo il suo ingresso nel Laboratorio, Ronchi iniziò ad occuparsi di reticoli ottici, e per questa via giunse nel 1922 alla sua scoperta fondamentale, cioè l'invenzione del Ronchi test. Il Ronchi test utilizza un reticolo a basso numero di righe (5-10 per mm) che, posto in prossimità del centro di curvatura di uno specchio, permette grazie al fenomeno dell'interferenza di visualizzare un insieme di frange che sono correlate alla qualità ottica dello specchio. Esso quindi rappresentava (e tuttora rappresenta) un test di qualità degli specchi rapido e di semplice esecuzione, che può essere eseguito direttamente dall'operatore che sta lavorando l'ottica.

Nel 1919-1920 il Laboratorio, seguendo il destino dell'Istituto di Fisica, si trasferì ad Arcetri, e gli fu assegnato un edificio, allora di ridotte dimensioni, che avrebbe dovuto essere la sede di un Istituto di Fisica Terrestre mai costituitosi; questa è ancora oggi, notevolmente ampliata, la sede dell'INO¹.

A causa della mancanza di personale, il Laboratorio sembrava destinato ad una rapida fine; invece, Ronchi riuscì a stringere legami professionali con due personaggi dotati di una certa influenza nella Firenze negli anni '20, e

of activities, and even more importantly there was only a skeleton staff. At the peak of its development (1920-1921), in addition to the director Prof. Raffaello Augusto Occhialini, there were two graduates and three technicians, but between 1922 and 1927 the personnel in effect shrank to just one: the physicist Vasco Ronchi, who had graduated from the Scuola Normale Superiore of Pisa and been recruited to the laboratory at the beginning of 1920. It is also significant to note that none of those working at the Laboratory, including the director, had any training at all in optics. Ronchi himself recalls that when he joined the Institute his knowledge of the argument was restricted to what he had learnt in his classical studies secondary school! (Ronchi 1977).

Shortly after he arrived at the laboratory Ronchi started to work on optical gratings, and in 1922 he made his fundamental discovery: the invention of the "Ronchi Test". This test uses a grating with a low frequency of lines (about 5-10 per mm); when placed close to the centre of curvature of a mirror, the interference phenomenon makes it possible to observe a fringe set correlated to the optical quality of the mirror. The Ronchi test was, and still is, a quick and easy way to test the quality of a mirror, which can be performed directly by the person making the mirror or lens.

Between 1919 and 1920 the Laboratory moved to the hill of Arcetri along with the Physics Institute. It was allocated a small building, originally intended to house an Institute of Terrestrial Physics that was never established; now greatly enlarged, this is still the premises of the INO today.¹



Fig. 1. L'Istituto Nazionale di Ottica.

Fig. 1. The National Institute of Optics.



cioè il Gen. Nicola Vacchelli, direttore dell'Istituto Geografico Militare, e il Prof. Luigi Pasqualini, direttore generale delle Officine Galileo. Fu grazie al loro impulso, e con l'aiuto del Prof. Antonio Garbasso (che dal 1924 era Podestà di Firenze), se nel 1927 Ronchi fu nominato direttore del Laboratorio, che, notevolmente potenziato con nuove assunzioni di personale e nuovi finanziamenti, nel 1928 organizzò i primi corsi di Ottica rivolti a laureati, militari e dirigenti d'industria.

Nello stesso anno, sempre a Firenze, nacque un'altra struttura che si interessava all'ottica, seppure in un settore molto specifico: il Principe Piero Ginori Conti fondò l'«Istituto sperimentale per lo studio e l'applicazione dei prodotti del boro e del silicio» (cioè del vetro ottico), che nel 1939 passò all'IRI con il nome di SAIVO (Ginori Conti 1938). Quel che si stava venendo a creare a Firenze era sostanzialmente un *cluster* dell'ottica, nel quale erano impegnate aziende ed istituti di ricerca e che avrebbe visto un notevole sviluppo nel secondo dopoguerra (Longobardi 2005).

La Direzione di Vasco Ronchi

Il 18 Luglio 1930, con il Regio Decreto n. 1224, veniva abolito il Laboratorio di ottica pratica e meccanica di precisione (che in realtà di meccanica non si era mai occupato) e, al suo posto, era istituito l'Istituto Nazionale di Ottica². Nello Statuto, annesso al decreto, sono chiaramente evidenziati gli scopi dell'Istituto: la di-

Considering the shortage of staff, the laboratory appeared destined to come to a rapid end. On the contrary, Ronchi managed to make professional contacts with a couple of figures who carried considerable weight in Florence in the 1920s: namely General Nicola Vacchelli, Director of the Military-Geographical Institute, and Professor Luigi Pasqualini, Director General of the Officine Galileo. It was thanks to their influence, and with the help of Antonio Garbasso (Podestà of Florence from 1924), that Ronchi was appointed director of the Laboratory, which on the strength of newly-recruited personnel and new funding, in 1928 was able to organise the first courses of Optics, aimed at graduates, officials from the armed forces and industrial managers.

In the same year another structure involved with optics, albeit in a highly specialised sector, was established in Florence: Prince Ginori Conti set up an Experimental Institute for the study and application of the products of boron and silicone, in other words optical glass; in 1939 this was incorporated into the IRI, the Institute for Industrial Reconstruction, under the name SAIVO (Ginori Conti 1938). In practice, what was emerging in Florence was an optics 'cluster', made up of both companies and research institutes, which was to be greatly developed after the Second World War (Longobardi 2005).

The INO under Vasco Ronchi

On 18 July 1930 the Laboratory of Practical Optics and Precision Mechanics (which had never actually dealt with precision mechanics) was abolished by Royal Decree no. 1224, and the

dattica, la consulenza ed il collaudo, la ricerca scientifica (Statuto del R. Istituto Nazionale di Ottica, 1934).

Fondatore dell'Istituto fu quindi Vasco Ronchi, che mantenne la carica di Direttore dal 1930 al 1975. Personalità eclettica ed innovatrice, promosse l'attività di ricerca sia nel settore dell'ottica fisica e geometrica che della scienza della visione; Vasco Ronchi inoltre organizzò l'Istituto in modo che svolgesse una mole considerevole di attività didattica nel campo dell'ottica.

L'Istituto, negli anni '30 del secolo scorso, conobbe un notevole sviluppo, sia nel numero dei dipendenti e collaboratori che nelle strutture, e l'edificio sede dell'Istituto fu notevolmente ingrandito. L'INO aveva inoltre assunto una dimensione nazionale, e poteva contare su forti legami con il mondo industriale, ed in particolare con la San Giorgio di Genova, la Filotecnica Salmoiraghi di Milano e naturalmente le Officine Galileo di Firenze. Si osservi che dal 1928 al 1934 le importazioni di materiale ottico in Italia diminuirono di quasi il 50%, mentre le esportazioni conobbero un incremento del 500%, con una bilancia commerciale che proprio nel 1935 divenne positiva. Anche se ovviamente il merito non poteva essere ascritto completamente all'INO, è indiscutibile che la politica industriale di quel periodo, per quello che riguardava l'ottica, fu coronata da successo, e di questo successo era partecipe anche l'Istituto.

Dopo la II Guerra Mondiale, che colpì Ronchi anche nei suoi affetti più cari, lentamente riprese l'attività dell'Istituto, che però si modificò rispetto all'anteguerra. Infatti gran parte della produzione ottica nazionale, essendo di carattere militare, era stata smantellata, e volentieri tentativi di riconversione ad una

National Institute of Optics was set up in its place.² The Statute, which was annexed to the Royal Decree, clearly delineated the aims of the Institute: teaching, consultancy and testing and scientific research (Statuto del R. Istituto Nazionale di Ottica, 1934).

The founder of the Institute was therefore Vasco Ronchi, who held the position of Director from 1930 to 1975. An eclectic and innovative figure, Ronchi encouraged research in both the sector of physical and geometric optics and in vision science. He also organised the Institute in such a way that it was able to perform a great deal of teaching in the field of optics.

During the 1930s the Institute expanded considerably, in terms of both staff and assistants and in its facilities, with the premises being greatly enlarged. The INO had also adopted a role at national level, and boasted strong links with the world of industry, in particular with the San Giorgio in Genoa, the Filotecnica Salmoiraghi in Milan and obviously the Officine Galileo in Florence. It is interesting to note that between 1928 and 1934 the import of optical material in Italy dropped by 50%, while exports went up by no less than 500%, with a trade balance that turned positive precisely in 1935. While clearly the merit for this cannot be ascribed entirely to the INO, there is no doubt that the industrial policy of the time in the optics sphere was crowned by success, a success in which the Institute undoubtedly played its part.

After the Second World War, which dealt hard blows to Ronchi even at a personal level, the activities of the Institute slowly got off the ground again, although in a different way from before the war. Indeed much of the national optical production, which had been of a military character, had been dismantled, and valiant attempts to reconvert to manu-

produzione civile non ebbero successo (Ronchi 1979). A questo proposito, dobbiamo anche sottolineare il fatto che negli anni '40 l'interesse per l'ottica diminuì notevolmente; infatti la principale linea di ricerca, nei laboratori di Fisica, passò dalla spettroscopia atomica, gestita con metodi ottici, alla spettroscopia nucleare, che utilizzava rivelatori nucleari e sistemi elettronici (Arecchi 1985). Allo stesso tempo, in campo militare, per la misura della distanza il radar (Radio Detection And Ranging) aveva preso il posto dei telemetri ottici. L'attività dell'Istituto si ridusse dunque sostanzialmente alla didattica ed alla ricerca scientifica, che però si concentrò sul sistema di visione umano, poiché Vasco Ronchi si era sempre più convinto che questo avrebbe dovuto essere l'interesse centrale dell'ottica (Ronchi 1982). In sintesi, dal 1945 e per circa 30 anni l'INO si occupò quasi esclusivamente di scienza della visione, didattica e, in piccola parte, di progettazione ottica e storia dell'ottica. Al 1945 risale anche la nascita della «Fondazione Giorgio Ronchi», eretta da V. Ronchi per onorare la memoria del suo figlio tredicenne morto per cause belliche, che ha promosso e continua tuttora a promuovere numerosi studi e ricerche nel campo dell'ottica e della scienza della visione.

Nel 1960, l'ottica fu attraversata da una vera e propria rivoluzione: Theodore Maiman, nei laboratori Hughes in California, fece funzionare il primo laser della storia, un laser a rubino che emetteva nel rosso. Questo fatto aprì la strada all'olografia, allo sviluppo di nuove tecniche spettrometriche e ad una miriade di applicazioni commerciali ed industriali. Se a ciò si aggiunge l'uso intensivo del transistor (realizzato nel 1948 nei laboratori Bell), con il conseguente enorme

facture of a civilian nature were unsuccessful (Ronchi, 1979). In this respect we should also underscore the fact that the interest in optics dropped sharply in the 1940s. The main line of research in the Physics laboratories shifted from atomic spectroscopy performed using optical methods to nuclear spectroscopy which exploited nuclear detectors and electronics (Arecchi, 1985). At the same time, in the military sphere distance ranging performed by radar (Radio Detection And Ranging) took over from optical telemetry. In practice, the activities of the Institute were reduced to teaching and scientific research, with the latter being concentrated on human vision since Vasco Ronchi was increasingly convinced that this ought to be the pivotal interest of optics (Ronchi, 1982). In short, from 1945 and for around 30 years, the INO dealt almost exclusively with vision science, teaching and – to a small extent – optical design and the history of optics. The establishment of the Giorgio Ronchi Foundation, set up by Vasco Ronchi in 1945 in memory of his thirteen year-old son who died as a result of the war, sponsored studies and research in the fields of optics and vision science, as it continues to do today.

In 1960 a veritable shockwave passed through the world of optics with the revolutionary invention of the first laser by Theodore Maiman in the Hughes Research Laboratories in California. The first laser in history, a ruby laser emitting in the red region of the spectrum, paved the way to holography, to the development of new spectrometric techniques and to a vast array of new commercial and industrial applications. Then, if we consider the intensive use of the transistor (developed in the Bell laboratories in 1948) and the vast evolution of electronics and IT

sviluppo dell'elettronica e dell'informatica, ben si comprende che dei metodi e degli strumenti dell'ottica degli anni '60, sostanzialmente simili a quelli di fine '800, non rimane quasi nulla trent'anni dopo: le lenti sono progettate con CAD appositi e realizzate con metodi assolutamente innovativi; i dati sperimentali sono ottenuti tramite schede di acquisizione e memorizzati su PC, che controlla completamente anche la strumentazione. La comunità scientifica si volge quindi con rinnovato interesse all'ottica, valorizzandone non solo le capacità di essere strumento di indagine e controllo, ma anche la possibilità di studiare tramite essa dei fenomeni fisici fondamentali.

In ogni modo, sia per la scelta di occuparsi prevalentemente di scienza della visione, sia per l'oggettiva scarsità di mezzi e personale, l'INO rimase fino a metà degli anni '70 ai margini di questa rivoluzione. Le cose cambiarono con l'arrivo del nuovo Direttore, il Prof. Fortunato Tito Arecchi.

La direzione di F.T. Arecchi

Nel 1975, a causa di sopraggiunti limiti di età, Ronchi lasciò la guida dell'Istituto a Arecchi. Laureatosi ingegnere ma da sempre interessato alla fisica, Arecchi proveniva dall'Università di Pavia; lì era arrivato dopo aver lavorato a Stanford, in California, essere stato *visiting professor* al MIT (Massachusetts Institute of Technology) di Boston ed aver prodotto lavori di altissimo valore nel campo della statistica dei fotoni e degli stati atomici coerenti.

that followed, we can easily understand why the instruments and methods of the optics of the 1960s – which were substantially the same as those of the nineteenth century – had become almost entirely obsolete thirty years later. Lenses came to be designed using special CAD and produced using completely innovative methods; experimental data obtained via acquisition devices were stored on the PC, which was also capable of fully controlling the instruments. Consequently, the scientific community turned to optics with new interest, exploiting not only its scope as a tool of investigation and control, but also its potential as a means of studying fundamental physical phenomena.

In any case, as a result both of its decision to devote itself predominantly to vision science and of the scarcity of resources and personnel, up to the mid-1970s, the INO remained on the sidelines of this revolution. All this changed with the arrival of the new Director, Professor Fortunato Tito Arecchi.

The INO under Fortunato Tito Arecchi

In 1975, Ronchi had to retire on grounds of age and handed over the management of the Institute to Arecchi. Having graduated as an engineer, but with a lifelong interest in physics, Arecchi came to Florence from the University of Pavia after having worked in Stanford in California and been a visiting professor at the MIT, as well as publishing several papers of outstanding importance in the field of photon statistics and coherent atomic states.

Con lui l'Istituto conobbe un rinnovamento profondo, sia nella struttura (il personale di ricerca passò in pochi anni da 2-3 persone a 10-15) che nelle linee di ricerca: alle attività tradizionali si unì lo studio delle applicazioni del laser, la metrologia, l'interferometria, l'optoelettronica. Verso la metà degli anni '80 Arecchi introdusse inoltre lo studio dei fenomeni caotici in ottica utilizzando il laser: queste ricerche, che sono tuttora portate avanti da Riccardo Meucci e dallo stesso Arecchi, comprendono attualmente anche il *chaos controlling*, i sistemi complessi e lo studio del sistema cognitivo umano. Continuano anche le ricerche sulle applicazioni del laser, svolte in particolare nel Laboratorio diretto da Antonio Lapucci, relative allo sviluppo di nuovi risonatori ottici e alla caratterizzazione di materiali laser.

Tale rinnovamento non tralasciò la ricerca applicata e l'interazione con l'industria, e si esprime sia in un rinnovato interesse per la spettrofotometria e la metrologia laser (ricordiamo a questo proposito il lavoro di Carlo Castellini, che in seguito dirigerà per alcuni anni l'Istituto), sia nella nascita del Consorzio CEO («Centro di Eccellenza Optronica»), sostenuto dall'INO e da altre realtà fiorentine, il cui direttore fu Giuseppe Longobardi e che ebbe la sua sede nello stesso edificio dell'Istituto. L'idea fondamentale era quella di creare una struttura, più agile di un ente di ricerca pubblico, il cui scopo fosse quello di interagire con l'industria per stimolare la ricerca applicata e l'innovazione tecnologica. Anche se il CEO non esiste più, tuttavia esso ha rappresentato un tassello fondamentale per l'acquisizione di competenze, in particolare nei settori dello sfruttamento dell'energia solare e dei sistemi di controllo ottici. In questo campo oggi, all'interno

The arrival of Arecchi ushered in a profound renovation of the Institute, in terms of both personnel (in just a few years the original staff of 2-3 increased to 10-15), and in the lines of research. The traditional activities were supplemented with the study of laser physics and applications, optical metrology, interferometry and optoelectronics. Towards the mid-1980s Arecchi also introduced the study of chaotic phenomena in optics by means of the laser. This research, which is still being carried forward by Arecchi and Riccardo Meucci, currently also comprises chaos control, complex systems and the study of human cognition. Research into laser applications is also ongoing, carried out in particular in the laboratory run by Antonio Lapucci, and addressing the development of new optical resonators and the characterisation of laser materials.

The makeover of the Institute did not overlook applied research and the fundamental interaction with the manufacturing sector, expressing itself in both a revived interest in laser metrology and spectrometry (in this respect we can recall the work of Carlo Castellini, who later took charge of the INO for several years) and in the creation of the CEO Consortium (Optronics Centre of Excellence) supported by the INO and other Florentine bodies, which had its premises in the same building as the Institute and was directed by Giuseppe Longobardi. The essential idea behind this was to create a structure that was more flexible than a public research institute, designed to interact with industry to stimulate applied research and technological innovation. Although the CEO no longer exists, it did represent a crucial step in the acquisition of know-how, especially in the field of exploitation of solar energy and opti-

dell'INO, lavorano il Laboratorio di Fotometria e Illuminotecnica ed il Laboratorio Collettori Solari, diretti da Franco Francini: il primo si occupa di progettazione di sistemi ottici *non-imaging* per applicazioni industriali, di misure fotometriche e di didattica, mentre il secondo è volto in modo specifico allo studio e ricerca nell'ambito dell'ottica per lo sfruttamento dell'energia solare (concentratori, centrali solari, sistemi di collezione della luce solare).

In relazione alla metrologia, alla fine degli anni '90 l'INO costituì un laboratorio di interferometria, dotato di una camera bianca, che ottenne nel 2000 la certificazione di centro SIT (attualmente Accredia) per il controllo di planarità delle superfici. Il laboratorio, fondato da Giuseppe Molesini e Vincenzo Greco (che oggi guida l'unità di calcolo ottico), prosegue con nuovi mezzi l'attività storica dell'INO di controllo delle ottiche, e ad esso sono state affidate anche prove ottiche su componenti e sistemi di valore storico e museale; tra gli interventi più significativi, l'esame delle lenti di Galileo custodite dal Museo Galileo di Firenze.

Un altro settore di particolare importanza, visto anche il territorio nel quale si situa l'Istituto, è l'ottica per i beni culturali, sviluppata a partire dagli anni '90 da Maurizio Cetica e Duilio Bertani ed in seguito continuata da Luca Pezzati e dai suoi collaboratori con il «Gruppo Beni Culturali»: la sua attività consiste nella ricerca di nuove metodologie di analisi e nello sviluppo di strumentazione ottica per la diagnostica non invasiva del patrimonio culturale tramite tecniche ad immagine e metodi per il rilievo 3D. In particolare, l'analisi ad immagine di opere d'arte offre sorprendenti possibilità di diagnostica e studio, in quanto permette di ottenere informazioni diverse a quelle che si possono avere dalla semplice vi-

cal control systems. The INO is currently active in both these fields, through the Laboratory of Photometry and Lighting and the Laboratory of Solar Collectors, both run by Franco Francini: the former deals with the design of non-imaging optical systems for industrial applications, photometric measurements and teaching, while the latter is specifically focused on study and research in the field of optics for the exploitation of solar energy (solar concentrators, solar plants and light collectors).

As regards metrology, at the end of the 90s, the INO set up an interferometry laboratory, equipped with a clean room, which in 2000 gained the certification of SIT centre (currently Accredia) for surface flatness controls. The laboratory, founded by Giuseppe Molesini and Vincenzo Greco (who is currently in charge of the Optical Computing Unit), continued the historic optical testing activity of the INO, exploiting new instruments. It was also entrusted with optical tests on historical exemplars conserved in museums, foremost among them the measurement of Galileo's lenses conserved in the Galileo Museum of Florence.

Considering the district in which the Institute is situated, another area of strategic importance is optics related to the cultural heritage, which was developed from the 1990s by Maurizio Cetica and Duilio Bertani and then continued by Luca Pezzati and his assistants with the Cultural Heritage Group. Its activity consists of the search for new analysis methods and the development of optical instruments for non-invasive diagnosis of historic works of art using imaging techniques and 3D scanning. Indeed, the image analysis of works of art offers amaz-

sione, consentendo, ad esempio, di identificare la natura dei pigmenti utilizzati nei dipinti o di mostrare particolari nascosti dallo strato pittorico superficiale come il disegno preparatorio.

Verso il CNR

Gli anni dal 2000 al 2011 furono un periodo di profonde trasformazioni dell'assetto istituzionale dell'INO. Nel 2000 l'Istituto, per sottolineare maggiormente la sua vocazione al trasferimento tecnologico, mutò nome in INOA (Istituto Nazionale di Ottica Applicata), ed in questo periodo si succedettero alla sua guida quattro direttori³: Arecchi, di cui abbiamo già ricordato l'opera; Fabio Pistella, poi divenuto Presidente del CNR; Castellini, che ebbe la direzione nel delicatissimo periodo di passaggio al CNR; Paolo De Natale, l'attuale direttore.

Il 1 Giugno 2005 l'INOA cessò di esistere come ente autonomo e fu incorporato nel CNR (inizialmente come "centro di responsabilità", ed attualmente, con il nome di CNR INO, come vero e proprio Istituto del CNR). Questo evento, che si inseriva nel quadro di una maggiore razionalizzazione del sistema della ricerca in Italia in un periodo che vedeva una consistente riduzione del finanziamento ordinario, ha anche favorito l'inserimento di nuove competenze. In particolare, si deve citare la stretta relazione che sussiste tra l'Istituto ed il LENS (Laboratorio Europeo di Spettroscopie Non-lineari). Il LENS, ospitato fino ad alcuni anni fa in un prefabbricato all'ingresso del comprensorio di Arcetri, ha adesso una sua

ing possibilities for diagnostics and study, since it makes it possible to obtain quite different information from that to be derived from sight alone. It is, for example, possible to identify the nature of the pigments used in the paintings and to disclose details hidden by an upper pictorial layer, such as the preparatory drawing.

Towards the National Research Council (CNR)

The years between 2000 and 2011 were a period of profound transformation in the institutional structure of the INO. In order to place greater emphasis on its vocation for technology transfer, in 2000 the Institute changed its name to INOA (National Institute of Applied Optics) and in the same period it witnessed a succession of four different directors:³ Arecchi, whose work we recalled above; Fabio Pistella, who later became Chairman of the CNR; Castellini, who was in charge during the delicate passage to the CNR, and the current director, Paolo De Natale.

On 1 June 2005 INOA ceased to exist as an autonomous body and was integrated into the CNR (at the beginning as a "responsibility centre", and currently as an authentic Institute under the name of CNR INO). This event, which took place within the framework of a rationalisation of research in Italy in a period of consistent reduction in ordinary funding, also fostered the introduction of new competencies. Worthy of mention in this regard is the close relation that exists between the Institute and LENS, (the European Laboratory

sede al polo scientifico di Sesto Fiorentino. Fondato all'inizio degli anni '90 del secolo scorso, il LENS ha raggiunto in pochi anni una notevolissima notorietà internazionale nel settore della spettroscopia, e si caratterizza oggi per una forte interdisciplinarietà, interessandosi anche alle strutture dinamiche (fenomeni di auto-organizzazione di molecole ed atomi), alla biofisica, alla fisica atomica, all'ottica non lineare ed ai fenomeni quantistici riguardanti l'ottica. Attualmente diversi ricercatori che lavorano al LENS sono dipendenti del CNR INO.

Contemporaneamente si svilupparono le U.O.S. (Unità Operative di Supporto, in pratica delle sezioni staccate) di Napoli e Lecce: la prima ha linee di ricerca che spaziano dalla sensoristica all'ottica non lineare (sviluppo di sorgenti ottiche innovative), dalla caratterizzazione interferometrica di materiali alla microscopia olografica ed a forza atomica; la seconda, eretta nel 2003 dal Gruppo Beni Culturali, si occupa di progettazione di strumentazione optoelettronica per la diagnostica sui beni culturali e di metodologie ICT (Information Communication Technology) per applicazioni industriali (visione artificiale, elaborazione dell'immagine e *pattern recognition*).

Anche la sede di Arcetri conobbe un incremento delle attività, grazie soprattutto a numerose assunzioni di personale (attualmente vi sono circa 40 dipendenti), e nuovo impulso ebbe un settore storico come la scienza della visione: Alessandro Farini dirige attualmente un laboratorio che svolge ricerche, sia di base che applicative, sulla visione umana e sul suo legame con l'illuminotecnica, l'ottica oftalmica, la visione dei videotermini e la percezione dei colori.

for Non-linear Spectroscopy). Situated up to a few years ago in a prefabricated building on the edge of the Arcetri district, LENS now has its premises in the Polo Scientifico di Sesto Fiorentino. Set up in the early 1990s, in the space of just a few years LENS has earned a remarkable international reputation in the sector of spectroscopy, and is now marked by a strongly interdisciplinary approach, dealing with dynamic structures (self-organisation of molecules and atoms), biophysics, atomic physics, non-linear optics and quantum phenomena in optics. Currently many of the LENS researchers are employees of the CNR INO.

At the same time the Support Units (U.O.S., in practice branches) of Naples and Lecce have developed. The Naples Unit now has 17 permanent employees and many collaborators and is engaged in research ranging from sensors to non-linear optics (development of new optical sources), the interferometric characterisation of materials, holographic and atomic force microscopy. The Lecce Unit, set up in 2003 by the Cultural Heritage Group, deals with the design of optical instruments for cultural heritage diagnostics and ICT methods for industrial applications (artificial vision, image processing and pattern recognition).

The Arcetri site also expanded its activities, largely as a result of major staff recruitment (it currently numbers around 40 employees) and the new injection of interest in the historic sector of vision science. Alessandro Farini is at present in charge of a laboratory carrying out both theoretical and applied research into human vision and its links with lighting, ophthalmic optics, the vision of PC screens and the perception of colour.

La situazione attuale

Nel 2011 furono aggregati all'INO parti di altri Istituti CNR, ed in particolare una parte dell'IPCF di Pisa e dell'ex-INFN di Trento.

L'attuale U.O.S. di Pisa ha le sue origini nel Laboratorio di Fisica Atomica e Molecolare (LAFAM), fondato nel 1969 dal Prof. Adriano Gozzini, che nel 2002 si fuse con altre strutture del CNR e prese il nome di Istituto per i Processi Chimico-Fisici (IPCF). Nel 2011 parte del personale dell'IPCF (tra cui circa 16 ricercatori) confluì nell'INO, dando vita all'U.O.S. di Pisa, le cui principali linee di ricerca sono nel settore degli atomi e molecole a basse temperatura, nella fotonica degli alti campi, nella microscopia, nell'ottica non lineare e nella spettroscopia.

La sezione INO di Trento si identifica nel centro BEC (*Bose-Einstein Condensation*), creato nel 2002 come centro di ricerca e sviluppo dell'INFN (Istituto Nazionale di Fisica della Materia), successivamente confluito nel CNR. Lo scopo del Centro è quello di promuovere ricerche nel settore della condensazione di Bose-Einstein e della fisica degli atomi ultrafreddi. Le ricerche svolte a Trento si avvalgono di collaborazioni con molti centri di ricerca nazionali e internazionali, in primis con i laboratori di atomi ultrafreddi del LENS di Firenze.

In sintesi, il CNR INO ha oggi una diffusione a livello nazionale, in quanto, oltre ad Arcetri, ha sedi a Sesto Fiorentino, a Pisa, a Napoli, a Trento ed a Lecce. Le attività della sede di Arcetri comprendono:

The current situation

In 2011 parts of other CNR Institutes were incorporated into the INO, chiefly a part of the IPCF (Institute for Physical-Chemical Processes) of Pisa and the BEC (Bose-Einstein Condensation) Centre in Trento.

The current Pisa Unit began life as the Atomic and Molecular Physics Laboratory (LAFAM), founded in 1969 by Professor Adriano Gozzini, which merged in 2002 with other CNR structures to become the Institute for Physical-Chemical Processes (IPCF). In 2011 part of the staff of the IPCF (including 15 researchers) was taken over by the INO, creating the Pisa Unit, which deals mainly with research in low-temperature molecular and atomic physics, high-fields photonics, microscopy, non-linear optics and spectroscopy. The Trento Unit is the BEC (Bose-Einstein Condensation) Centre, set up in 2002 as a research and development centre of the INFN (National Institute of Matter Physics), and later incorporated into the CNR. The aim of the Centre, where 5 CNR researchers and 4 university colleagues work side by side, is to conduct research on Bose-Einstein condensation and on ultra-low-temperatures atomic physics. The research performed in Trento is integrated by extensive collaboration with Italian and foreign research centres, first and foremost with the LENS low-temperature atomic laboratory in Florence.

In short, the CNR INO is now a nationwide reality, since in addition to Arcetri it has premises in Sesto Fiorentino and branches in Pisa, Naples, Trento and Lecce. The activities of the headquarters in Arcetri comprise:

- ricerca di base ed applicata (progettazione ottica, spettrofotometria, studio di materiali e componenti per lo sfruttamento dell'energia solare, laser, sistemi complessi applicati al sistema cognitivo umano, ottica applicata ai beni culturali, metrologia ottica, scienze della visione);
- servizi e consulenze ad aziende ed altri enti (attività svolta in regime di qualità ISO9001);
- partecipazioni a progetti regionali, nazionali ed europei;
- organizzazione di corsi su richiesta specifica di enti ed aziende, attività di docenza del personale dell'INO in vari corsi universitari;
- collaborazioni internazionali ed organizzazione di seminari;
- gestione di una biblioteca specializzata nell'ottica.

Pur nella diversità dei tempi e delle situazioni, l'INO continua dunque a muoversi nel solco di quanto stabilito dal primitivo statuto del Laboratorio di Ottica pratica e meccanica di precisione, e rimane una risorsa preziosa per lo sviluppo scientifico e tecnologico del Paese.

Ringraziamenti

Si ringraziano Cetica, Farini, Greco e Francini per le notizie sulla storia dell'Istituto. Un particolare ringraziamento a Castellini per una lunga e proficua discussione, ricca di testimonianze dirette e spunti storici estremamente inte-

- theoretical and applied research (optical design, spectrometry, study of materials and components for the exploitation of solar energy, lasers, complex systems and chaotic dynamics applied to human cognition, optics for the cultural heritage, optical metrology and vision science);
- consulting services for companies and other organisations (activities compliant with ISO9001:2008 quality standards);
- involvement in local, national and European projects;
- organisation of courses at the specific request of companies and bodies; teaching activities by INO personnel on various university courses;
- international collaboration and organisation of seminars;
- management of a library specialised in optics.

Despite the difference in the times and the situations, the CNR INO is still proceeding along the same path that was laid down in that early Statute of the Laboratory of Practical Optics and Precision Mechanics, and it continues to be a precious resource for Italy's scientific and technological development.

Acknowledgements

We should like to thank Cetica, Farini, Greco and Francini for information about the history of the Institute. Special thanks to Castellini for a lengthy and fruitful talk, with lots of first-

ressanti, ed a Arcetri sia per le informazioni sull'Istituto che per utili consigli e suggerimenti.

Bibliografia

- Arecchi F.T., *L'Istituto Nazionale di Ottica* (1985), Universitas n. 16, Roma
 Ginori Conti P. (1938), *Il vetro per ottica in Italia*, Tipocalcografia classica, Firenze
 Longobardi G. et al. (2005), *L'Ottica e la Toscana*, Nardini Editore, Firenze
 Ronchi V. (1977), *Perché, quando e come nacque l'Istituto Nazionale di Ottica di Arcetri*, pubblicazioni della Fondazione Giorgio Ronchi XLI, Fondazione Giorgio Ronchi, Firenze
 Ronchi V. (1979), *Il R. Istituto Nazionale di Ottica desta preoccupazioni*, pubblicazioni della Fondazione Giorgio Ronchi IL, Fondazione Giorgio Ronchi, Firenze
 Ronchi V. (1982), *La nuova rotta dell'Istituto Nazionale di Ottica di Arcetri*, pubblicazioni della Fondazione Giorgio Ronchi LIV, Fondazione Giorgio Ronchi, Firenze
 Statuto del R. Istituto Nazionale di Ottica (1934), Firenze (Arcetri)

David Jafrancesco, nato a Livorno nel 1964, si è laureato in Fisica a Firenze nel 1992. Dal 2004 è tecnologo presso il CNR INO di Firenze, e lavora nella sede storica di Arcetri. La sua attività si svolge nel Laboratorio di Fotometria e Illumino-

hand accounts and fascinating historical insights, and to Arcetri, both for information about the Institute and for his useful advice and suggestions.

References

- Arecchi F.T., *L'Istituto Nazionale di Ottica* (1985), Universitas n. 16, Roma
 Ginori Conti P. (1938), *Il vetro per ottica in Italia*, Tipocalcografia classica, Firenze
 Longobardi G. et al. (2005), *L'Ottica e la Toscana*, Nardini Editore, Firenze
 Ronchi V. (1977), *Perché, quando e come nacque l'Istituto Nazionale di Ottica di Arcetri*, pubblicazioni della Fondazione Giorgio Ronchi XLI, Fondazione Giorgio Ronchi, Firenze
 Ronchi V. (1979), *Il R. Istituto Nazionale di Ottica desta preoccupazioni*, pubblicazioni della Fondazione Giorgio Ronchi IL, Fondazione Giorgio Ronchi, Firenze
 Ronchi V. (1982), *La nuova rotta dell'Istituto Nazionale di Ottica di Arcetri*, pubblicazioni della Fondazione Giorgio Ronchi LIV, Fondazione Giorgio Ronchi, Firenze
 Statuto del R. Istituto Nazionale di Ottica (1934), Firenze (Arcetri)

David Jafrancesco was born in Livorno in 1964 and he graduated in Physics in 1992. Since 2004 he has been working as "tecnologo" (researcher for industrial and technical applications) at the CNR INO of Florence, in the historical headquarter of Arcetri. He work in the Photom-

tecnica e nel Laboratorio Collettori Solari, dove si occupa di progettazione ottica, *lighting simulation* e misure fotometriche.

Note

¹ Il nucleo più antico sono le stanze al piano più basso attorno all'entrata secondaria e quelle immediatamente soprastanti. Qualche metro davanti a questa entrata, all'esterno, rimane ancora una specie di tavolo di cemento che sarebbe dovuto servire per eseguire dei rilevamenti da parte dell'Istituto di Fisica Terrestre.

² Dal 1934 si chiamerà «Regio Istituto Nazionale Di Ottica» (RINDO), dal 1945 «Istituto Nazionale Di Ottica» (INDO), dal 1975 cambierà l'acronimo in «INO» pur mantenendo lo stesso nome

³ Tralasciamo la complicata questione della carica formale di chi dirigeva l'istituto, che poteva essere quella di «presidente», «direttore», «direttore f.f.» (facente funzioni) o di «commissario straordinario»; in ogni modo, attualmente la carica di chi dirige l'INO, come ogni altro Istituto CNR, è quella di «direttore»

etry and Lighting Laboratory and in the Solar Collectors Laboratory, and his activity concerns optical design, lighting simulation and photometric measurements.

Notes

¹ The oldest section of the INO consists of the rooms on the lower floor around the secondary entrance and those immediately above them. Outside, a few metres beyond this secondary entrance, is a sort of table made of concrete which was intended to serve the Institute of Terrestrial Physics for surveying purposes.

² From 1934 its name was Royal National Institute of Optics (Regio Istituto Nazionale Di Ottica, RINDO), and from 1945 National Institute of Optics (Istituto Nazionale Di Ottica, INDO); in 1975 the acronym was changed to INO, although the name remained the same.

³ Here we shall not go into the complex question of the official title of the person in charge of the Institute – president, director, acting director or special commissioner; in any case the position of the person currently in charge of the INO is director, as in the case of every other CNR Institute.